

DERWENT-ACC-NO: 2002-056432

DERWENT-WEEK: 200208

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Computer-implemented building construction optimization according to energy requirements, involves determining energy balance and/or cost of functional building elements

INVENTOR: KUEPPER, M

PATENT-ASSIGNEE: KUEPPER M[KUEPI]

PRIORITY-DATA: 2000DE-1019791 (April 20, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
DE 10019791 A1	November 8, 2001	N/A	012
017/50			G06F

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 10019791A1	N/A	2000DE-1019791	April 20, 2000

INT-CL (IPC): E04B001/00, E04H001/00 , G06F017/50

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 10019791A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The model of the building to be constructed, is created and stored as a file in the database of a computer. The data set (14) representing the thermodynamic construction parameters of the building, e.g. climate data such as geographical location and orientation, and data set (13) containing the requests of the user, e.g. space air temperature and humidity, are also stored in the file. The building model is divided into functional building elements, and the energy balance and/or cost of the elements is determined.

DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following:

- (a) Computer-implemented building construction optimization device;
- (b) Computer-readable program for optimizing building construction

USE - For optimizing construction of building with respect to minimization of running costs.

ADVANTAGE - Gives exact estimation of the investment costs and maintenance costs of the building. Recognizes long-term cost savings in the planning phase of the building, enabling recognition of long-term cost savings during the planning phase of the building.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the schematic representation of the building-data file.

Data sets 13,14

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/6

TITLE-TERMS: COMPUTER IMPLEMENT BUILD CONSTRUCTION ACCORD ENERGY REQUIRE  
DETERMINE ENERGY BALANCE COST FUNCTION BUILD ELEMENT

DERWENT-CLASS: Q43 Q46 T01

EPI-CODES: T01-J15H; T01-J15X; T01-S03;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2002-041533



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 19 791 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
G 06 F 17/50  
E 04 H 1/00  
E 04 B 1/00

21 Aktenzeichen: 100 19 791.4  
22 Anmeldetag: 20. 4. 2000  
43 Offenlegungstag: 8. 11. 2001

DE 100 19 791 A 1

71 Anmelder:  
Küpper, Michael, 81679 München, DE  
74 Vertreter:  
Betten & Resch, 80333 München

72 Erfinder:  
gleich Anmelder  
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:  
US 49 64 060  
WO 99 50 769 A1

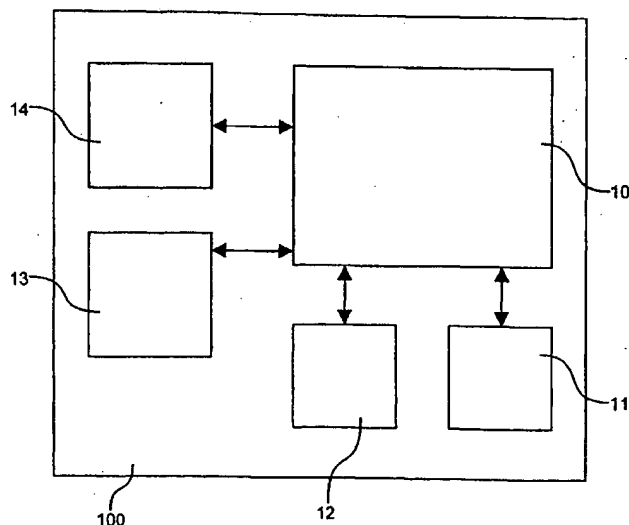
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Gebäudeoptimierung

57 Ein Verfahren zur Optimierung eines Gebäudes unter Berücksichtigung des Energiebedarfs weist die folgenden auf einem Computer ausführbaren Verfahrensschritte auf:

- (a) Erstellung eines Computermodells des Gebäudes und Abspeicherung als Gebäudedatei in einer Datenbank,
- (b) Abspeicherung eines Datensatzes (14) thermodynamischer und/oder bauphysikalischer Parameter des Gebäudes in der Gebäudedatei,
- (c) Abspeicherung eines Datensatzes (13) physikalischer Parameter, die Anforderungen von Gebäudenutzern an das Gebäude repräsentieren, in der Gebäudedatei,
- (d) Aufteilung des Gebäudemodells in funktionale Gebäudeelemente,
- (e) Bestimmung einer Energiebilanz und/oder von Baunutzungskosten der funktionalen Gebäudeelemente unter der Verwendung von in den Verfahrensschritten (b) und (c) ermittelten Parametern,
- (f) Bestimmung der Energiebilanz und Baunutzungskosten des Gebäudes für wählbare Zeiträume aus den im Verfahrensschritt (e) ermittelten Einzelwerten.



DE 100 19 791 A 1

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein auf einem Computer ausführbares Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Optimierung eines Gebäudes in der Planungsphase bezüglich Energiebedarf, Investitions- und Baunutzungskosten zur Erreichung finanzmathematischer Wirtschaftlichkeitskriterien.

10 **[0002]** Neben den Investitionskosten sind die laufenden Baunutzungskosten für Energie, Wartung, Unterhalt usw. ein wesentlicher Faktor, der über die Rentabilität eines Gebäudes entscheidet. Dabei spielen sowohl externe Faktoren wie klimatische Einflüsse als interne Faktoren wie insbesondere die Anforderungen der späteren Gebäudenutzer an Klima, Lichtverhältnisse, Feuchtigkeit, Hygiene usw. eine wichtige Rolle. Dabei muß auch berücksichtigt werden, ob das Gebäude als Wohnraum, Bürofläche oder für einen besonderen Zweck wie etwa ein Krankenhaus genutzt werden soll. Neben den Wünschen und Ansprüchen der Gebäudenutzer und den Rentabilitätserwartungen der Investoren sind zunehmend auch die Belange des Umweltschutzes und einer schonenden Ressourcennutzung mit zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere für den Energiebedarf des Gebäudes.

15 **[0003]** Während sich mit den bekannten Methoden die Investitionskosten eines Gebäudes noch einigermaßen zuverlässig kalkulieren lassen, sind für die Betriebskosten nur grobe Abschätzungen möglich. Zur Berechnung der laufenden Baunutzungskosten wird dabei bisher üblicherweise auf pauschalisierte Durchschnitts- oder Schätzwerte zurückgegriffen, die eine objektspezifische Kostenermittlung nicht zulassen. Daher ist es sehr schwierig, beispielsweise die Rentabilität energiesparender funktionaler Elemente wie etwa einer sogenannten "intelligenten" Fassade abzuschätzen. Die Rentabilität einer derartigen Investition kann nicht pauschal bestimmt werden, sondern hängt von vielen Faktoren wie der Lage des Gebäudes bzw. der betreffenden Fassade, den klimatischen Verhältnissen, der Bauform und nicht zuletzt von der Nutzung des Gebäudes ab.

20 **[0004]** Neben den Energiekosten aktiver Klimatisierungsanlagen wie Heizung, Kühlung, Gebläse spielen auch die Wartungskosten derartiger zunehmend komplexer Anlagen, die teures Fachpersonal erfordern, eine zunehmende Rolle. Um eine kosteneffiziente Auslegung des Gebäudes zu ermöglichen, ist daher eine möglichst exakte Abschätzung der tatsächlich benötigten Leistungsfähigkeit derartiger aktiver Klimatisierungsanlagen vorteilhaft. Häufig ist es beispielsweise üblich, die Anlagen nach einem im ungünstigsten Fall auftretenden Maximalbedarf auszulegen. Dabei wird zur Berechnung einer maximal erforderlichen Kühlleistung beispielsweise der Erwärmungsbeitrag elektrischer Geräte nach deren Nennleistung auf dem Typenschild abgeschätzt, die oft um ein mehrfaches über der tatsächlich anfallenden Durchschnittsleistung liegt. Die Folge ist, dass aktive Klimatisierungsanlagen viel zu groß dimensioniert werden und damit unnötig hohe Investitions- und insbesondere Wartungs- und Instandhaltungskosten verursachen.

30 **[0005]** Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Gebäudeoptimierung in der Planungs- und Nutzungsphase vorzuschlagen. Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, aufgrund der Energiebedarfs- und Energiekostenbestimmung eine Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen in energiesparende Gebäudetechnologien zu ermöglichen.

35 **[0006]** Gelöst wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Bestimmung des Energiebedarfs eines Gebäudes, aufweisend die auf einem Computer ausführbaren Verfahrensschritte: Erstellung eines Computermodells des Gebäudes und Abspeicherung als Gebäudedatei in einer Datenbank, Abspeicherung eines Datensatzes thermodynamischer und/oder bauphysikalischer Parameter des Gebäudes in der Gebäudedatei, Abspeicherung eines Datensatzes physikalischer Parameter, die Anforderungen von Gebäudenutzern an das Gebäude repräsentieren, in der Gebäudedatei, Aufteilung des Gebäude-  
40 modells in funktionale Gebäudeelemente, Bestimmung einer Energiebilanz und/oder von Baunutzungskosten der funktionalen Gebäudeelemente unter der Verwendung von in den vorangehenden Verfahrensschritten ermittelten Parametern, Die Erfindung schlägt ferner eine Vorrichtung zur Optimierung eines Gebäudes vor, aufweisend: eine Eingabeeinrichtung zur Eingabe eines Datensatzes externen physikalischer Parameter des Gebäudes sowie eines Datensatzes physikalischer Parameter, die Anforderungen von Gebäudenutzern repräsentieren, eine Verarbeitungseinrichtung zur interakti-  
45 ven Erstellung eines Gebäudemodells unter Berücksichtigung der Anforderungen der Gebäudenutzer, eine Prozessoreinrichtung zur Aufteilung des Gebäudemodells in funktionale Gebäudeelemente zur Ermittlung von Energiebilanzen und/oder Baunutzungskosten der funktionalen Gebäudeelemente und zur Bestimmung der Gesamt-Energiebilanz und/oder der Gesamt-Baunutzungskosten des Gebäudes aus den Einzelwerten der funktionalen Gebäudeelemente, eine Speichereinrichtung zur Speicherung einer Gebäudedatei, die die externen Parameter, Nutzen-Anforderungen, Gebäudemodell-  
50 Daten und Gebäudeelement-Daten enthält.

55 **[0007]** Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht es dem Planer, schon in der Projektierungsphase eines Gebäudes zuverlässige Angaben über Energiebedarf und Benutzungskosten des Gebäudes und einzelner Elemente davon zu erhalten. Insbesondere kann so die Dimensionierung und Auslegung der technischen Gebäudeausrüstung mit höherer Zielgenauigkeit vorgenommen werden, wodurch kostenaufwendige Fehldimensionierungen vermieden werden können. Unter Klimatisierung werden im Zusammenhang dieser Anmeldung sämtliche Faktoren des Raumklimas verstanden, insbesondere Temperatur und Feuchtigkeit der Raumluft. Die Erfindung erlaubt im Gegensatz zu bekannten pauschalierten Verfahren eine objektbezogene Optimierung der Gebäudeplanung und -konstruktion unter Einzelbeziehung aller relevanten Faktoren.

60 **[0008]** Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist es möglich, die Gesamtnutzungskosten in aufeinanderfolgenden Optimierungsschritten unter Verwendung verfeinerter funktionaler Gebäudeelemente zu ermitteln.

**[0009]** Der Datensatz physikalischer Parameter, die externe Klimadaten repräsentieren, können dabei insbesondere den geographischen Ort des Gebäudes, seine Aus-

65 **[0010]** Der Datensatz physikalischer Parameter, die externe Klimadaten repräsentieren, können dabei insbesondere den geographischen Ort des Gebäudes, seine Ausrichtung, die vorherrschende Windrichtung und die mittlere Sonneneinstrahlung umfassen. Die physikalischen Parameter, die die Raumklima-Anforderungen repräsentieren, können insbesondere die Raumlufttemperatur, Raumluftfeuchtigkeit und Raumluftgeschwindigkeit umfassen. Bei den funktionalen Gebäudeelementen kann es sich dabei um Gebäudeteile, Kühlflächen, Fassaden, Wärmepuffer, aktive und passive Heiz-,

Kühl-, Befeuchtungs- und Entfeuchtungseinrichtungen handeln.

[0011] Vorzugsweise können bei dem erfindungsgemäßen Gebäude-Optimierungsverfahren die Baunutzungskosten und der Energiebedarf verschiedenen Varianten des Gebäudes ermittelt und miteinander verglichen werden.

[0012] Weitere Aspekte der Erfindung betreffen ein Computerprogramm gemäß Anspruch 14 und eine Datenstruktur gemäß Anspruch 15.

[0013] Die vorliegende Erfindung wird im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung beschrieben, in der:

[0014] Fig. 1 eine schematische Darstellung der Gebäudedatei gemäß der Erfindung ist;

[0015] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Hardwarekonfiguration ist, auf welcher das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar ist;

[0016] Fig. 3 ein Flußdiagramm ist, das Verfahrensschritte eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung zeigt; und

[0017] Fig. 4 ein Flußdiagramm ist, das Verfahrensschritte eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0018] Fig. 5a) die Planungsphase eines Gebäudes gemäß dem Stand der Technik zeigt

[0019] Fig. 5b) die Planungsphase eines Gebäudes unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahren zeigt; und

[0020] Fig. 6) graphische Darstellungen zur Erläuterung einer Kostenermittlung gemäß der Erfindung zeigen.

[0021] Die Erfindung wird im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele im Detail erläutert. Fig. 3 zeigt schematisch die Verfahrensschritte eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung. In Verfahrensschritt S1 werden vorher ermittelte externe Klimadaten des Gebäudes eingegeben. Bei den externen Klimadaten handelt es sich um statistische klimatische Daten wie geographische Breite, Sonnenscheindauer, Windstärke und -richtung, Niederschlagsdaten sowie um gebäudespezifische Daten wie die Ausrichtung des Gebäudes selbst. Im anschließenden Verfahrensschritt S2 werden Nutzeranforderungen der späteren Gebäudenutzer eingegeben und dabei handelt es sich um Anforderungen an die höchste oder niedrigste tolerierbare Temperatur, maximale bzw. minimale Feuchtigkeiten, höchst zulässige Luftzuggeschwindigkeiten und besondere hygienische Anforderungen, beispielsweise beim Bau von Spezialgebäuden wie einem Krankenhaus. Die jeweiligen Datensätze werden mittels einer Eingabeeinheit 52 wie der Tastatur oder Maus eines herkömmlichen Computersystems, wie dieses beispielsweise in Fig. 2 dargestellt ist, eingegeben. Neben der Eingabeeinheit 52 weist dieses eine Zentraleinheit 50, die eine CPU oder dergleichen umfaßt, eine oder mehrere Speichereinrichtungen 51 sowie eine Bildschirmeneinheit 53 auf. Weiterhin können andere Peripheriegeräte wie etwa ein Drucker (nicht dargestellt) vorgesehen sein.

[0022] Mittels des Computers wird dann in Verfahrensschritt S4 ein Modell des Gebäudes erstellt. Bei dem Gebäude-Modell handelt es sich nicht um eine ästhetische Darstellung desselben, sondern um eine Datenbank, die alle für den Energiebedarf des Gebäudes und zur Ermittlung der Betriebskosten wesentlichen Daten enthält. Diese Gebäudedatei 100 ist schematisch in Fig. 1 dargestellt. Mit 10 sind die Gebäudedaten bzw. das Gebäudemodell, mit 11 Gebäudeeinheiten zur Berechnung von Baukosten, mit 12 funktionale Gebäudeelemente, die später im Detail erläutert werden, mit 13 die in Schritt S2 angegebenen Benutzeranforderungsdaten und mit 14 die in Schritt S1 angegebenen externen Klimadaten bezeichnet.

[0023] Im folgenden Schritt S4 wird das Gebäudemodell 10 in funktionale Elemente 11 aufgeteilt, die, wie in Fig. 1 schematisch dargestellt ist, separat in der Gebäudedatei 100 abgelegt werden. Bei den funktionalen Elementen handelt es sich um Gebäudeelemente, die die Energiebilanz des Gebäudes beeinflussen, beispielsweise Fassaden bzw. Fensterflächen, Wärmespeicher sowie aktive Anlagen zur Klimatisierung wie Heizung, Kühlung, Lüftung.

[0024] Anschließend werden dann in Verfahrensschritt S5 die Energiebilanzen der jeweiligen funktionalen Elemente unter Verwendung der externen Klimadaten ermittelt. Außerdem werden die Nutzeranforderungen dadurch berücksichtigt, dass die vom Benutzer akzeptablen Grenzwerte der Raumklimawerte zur Auslegung der aktiven Klimatisierungssysteme (Heizung, Kühlung) herangezogen werden. Nach Berechnung der Energiebilanz der einzelnen funktionalen Elemente kann unter Berücksichtigung der Energiekosten jeweiliger Energieträger dann in Schritt S6 der Energiekostenbeitrag der einzelnen funktionalen Elemente ermittelt werden. In Schritt S7 werden dann weitere Betriebskosten wie insbesondere die Wartung von Klimatisierungsanlagen ermittelt.

[0025] In Verfahrensschritt S9 schließlich werden die Betriebskosten des gesamten Gebäudes aus den ermittelten Einzel-Betriebskosten der das Gebäude bildenden funktionalen Elemente ermittelt. Die Betriebskosten können dann für einen beliebig gewählten Zeitraum, beispielsweise ein Jahr, fünf Jahre oder 10 Jahre auch unter Berücksichtigung von Preissteigerungsraten für Energie- und Betriebskosten ermittelt werden. In Verfahrensschritt S10 werden schließlich die ermittelten Resultate – Energiebedarf und Betriebskosten – über geeignete Ausgabemedien wie einen Bildschirm, Drucker usw. ausgegeben. Dazu kann eine graphische Darstellung in Form von Tabellen, Diagrammen usw. gewählt werden. Anhand von an sich bekannten finanzmathematischen Methoden (Sensitivitätsanalyse, risikoangepaßte Kapitalkosten, Kapitalwert, modifiziert-interne Zinsfußmethode, Tilgungspläne, Kapitalwertmethode, Annuitätenmethode, Amortisationsrechnung) wird die Gesamtwirtschaftlichkeit aller Zahlungen (Investition und Nutzung) beurteilt.

[0026] Die Verfahrensschritte S4 bis S9 können zu einem späteren Zeitpunkt unter Verwendung feinerer funktionaler Elemente zur Erzielung einer weiteren Gebäudeoptimierung wiederholt durchgeführt werden.

[0027] Fig. 4 ist ein Flußdiagramm, das die Verfahrensschritte einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt. In Schritt S21 werden die Gebäude-Betriebskosten eines Gebäudes entsprechend den oben erläuterten Verfahrensschritten S1 bis S9 bestimmt. Im anschließenden Schritt S22 werden dann die Baukosten des Gebäudes bestimmt, vorzugsweise unter Verwendung von Baukosten-Berechnungscodes 11 (Fig. 1) nach DIN 276. Im dann folgenden Verfahrensschritt S23 wird durch den Benutzer eine Modifikation des projektierten Gebäudes eingegeben. Bei der Meßstation kann es sich um eine andersartige Heizungsanlage, Klimatisierung oder auch um passive Elemente wie etwa eine sogenannte "intelligente" Fassade handeln, die die Energiebilanz des Gebäudes beeinflusst. Entsprechend den Modifikationen des Bauprojekts wird das Gebäudemodell 10 der Gebäudedatei 100 geändert. In vielen Fällen handelt es sich bei einer solchen Variation um den Austausch eines oder mehrerer funktionaler Elemente durch andere, etwa energiesparendere oder ressourcenschonendere funktionale Elemente. Unter Benutzung dieser Daten können dann in Schritt S25 auf gleiche Art

und Weise wie in Fig. 3 dargestellt die Baukosten bzw. Benutzungskosten des modifizierten Gebäudes bestimmt werden. In Verfahrensschritt S26 werden diese modifizierten Kosten mit den ursprünglichen Kosten verglichen und anhand der Resultate in Schritt S27 ein Amortisationszeitraum der Energiespargebäudeomodifikation ermittelt. Die Resultate werden dann in Schritt S28 auf geeignete Art und Weise ausgegeben und vorzugsweise in einer geeigneten Speichereinrichtung abgespeichert.

[0028] Auf diese Art und Weise lassen sich die Auswirkungen einer energiesparenden Baumaßnahme und deren Investitions- und Betriebskosten auf einfache Art und Weise ermitteln. Dadurch läßt sich schnell feststellen, ob die geplante Baumaßnahme auch ökonomisch realisierbar und sinnvoll ist.

[0029] Ein Vergleich der Gebäudeoptimierung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit der herkömmlichen Bauplanung ist schematisch in Fig. 5 dargestellt. Auf der linken Seite zeigt Fig. 5a) die einzelnen Schritte einer herkömmlichen Bauplanung, denen in Fig. 5b) auf der rechten Seite die entsprechenden Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüberstehen. Die Bauplanung beginnt bei dem herkömmlichen Planungsverfahren mit der Funktions- und Bedarfsplanung, d. h. es wird ermittelt, welche Funktion das Gebäude zu erfüllen hat, welche Anforderungen die Nutzer stellen usw. Erfindungsgemäß werden entsprechend den in Fig. 3 illustrierten Verfahrensschritten S1 und S2 die externen Klimadaten und die Nutzeranforderungen (Nutzerprofil) eingegeben.

[0030] Den Planungsschritten Vorentwurf und Kostenschätzung entsprechen erfindungsgemäß die Verfahrensschritte S3 bis S8 aus Fig. 3. Aufgrund eines groben Computermodells des Gebäudes werden funktionale Elemente gebildet und die entsprechenden Energie- und sonstigen Baunutzungskosten ermittelt.

[0031] Dem nächsten Planungsschritt – Entwurf und Kostenberechnung – entspricht erfindungsgemäß eine Verfeinerung des Computermodells des Gebäudes und eine erneute, genauere Kostenberechnung entsprechend den Verfahrensschritten S3 bis S8 aus Fig. 3. Darüberhinaus können Planungsalternativen entsprechend den Verfahrensschritten S21–S25 aus Fig. 4 berücksichtigt werden.

[0032] Der Ausführungsplanung bei der herkömmlichen Bauplanung entspricht erfindungsgemäß die Ermittlung der Baunutzungs- und Investitionskosten unter Berücksichtigung der Bauleistungscodes.

[0033] Während der Bauausführung und schrittweisen Abrechnung der Bauleistungen kann erfindungsgemäß die Gebäudedatenbank aufgrund der tatsächlichen Investitionskosten weiter aktualisiert werden, wodurch die Planungssicherheit für den Bauherren bzw. Investor weiter vergrößert wird.

[0034] Im letzten Schritt, der Baunutzung, kann erfindungsgemäß die Gebäudedatenbank anhand der tatsächlichen Baunutzungskosten aktualisiert werden. So kann man die Baunutzungskosten ständig im Auge behalten und sich vor unangenehmen Überraschungen schützen.

[0035] Die Berechnung der Energiebilanz eines Gebäudes wird im folgenden anhand eines schematischen, stark vereinfachten Beispiels erläutert. Zunächst wird das Gebäude in einzelne Nutzungsabschnitte mit ihren jeweiligen Fassadenorientierungen aufgeteilt, beispielsweise die Etagen 0 bis 4 mit den Fassadenorientierungen Nord-West, Süd-West, Nord-Ost, Süd-Ost. Für alle diese Nutzungsbereiche wird das zu klimatisierende Luftvolumen berechnet, außerdem der Wärmedurchgangskoeffizient für die verglaste und unverglaste Fassade, die von der Orientierung abhängigen Strahlungswärmegewinne für Beispielmonate im Sommer und im Winter sowie interne Wärmequellen wie Personen oder technische Geräte (Computer).

[0036] Anschließend werden für die einzelnen Nutzungsbereiche die Nutzeranforderungen an Maximaltemperatur, Minimaltemperatur, Maximalfeuchte, Minimalfeuchte und maximale Luftströmung eingegeben.

[0037] Die Energiebilanz eines Raumes in Südost-Ausrichtung, der an einem Julitag mit 30° Außentemperatur auf maximal 26° Raumtemperatur gehalten werden soll, berechnet sich vereinfacht wie folgt:

#### 1. Innere Kühllast

##### a) Transmissionswärme

[0038] Die Transmissionswärme  $Q_R$  ist der Wärmeaustausch eines an der Außenseite des Gebäudes liegenden Raumes mit dem Gebäudeinnern und berechnet sich nach der Formel:

$$Q_R = k \times A \times \delta T,$$

wobei  $k$  der Wärmeübergangskoeffizient ( $k$ -Wert),  $A$  die Grenzfläche zum Gebäudeinnern und  $\delta T$  die Temperaturdifferenz ist. Bei dem hier angenommenen Beispiel  $\delta T = 2$  K,  $k = 0,9$  und  $A = 100$  m<sup>2</sup>, so errechnet sich eine Transmissionswärme  $Q_R = -180$  W.

##### b) Personenwärme

[0039] Die Personenwärme ergibt sich aus der Personenzahl multipliziert mit einer mittleren Wärmeabgabe von 90 W. Bei einer durchschnittlichen Belegung mit drei Personen ergibt sich daher eine mittlere Personenwärme von 270 W.

##### c) Beleuchtungswärme

[0040] Die Beleuchtungswärme läßt sich recht gut mit der Summe der Nennleistungen der verwendeten Beleuchtungskörper abschätzen. Werden in dem Beispielraum fünf Beleuchtungskörper à 100 W verwendet, so ergibt sich eine Beleuchtungswärme von 500 W.

## d) Maschinenwärme

[0041] Die Summe der von den in einem Raum stehenden Geräten abgegebenen Wärme ergibt sich aus der mittleren Wärmeabgabe multipliziert mit dem mittleren Einschaltfaktor. Sind in dem Raum beispielsweise zwei Computer mit einer Wärmeabgabe von 100 W zu 75% eingeschaltet, so ergibt sich eine Maschinenwärme von 150 W.

## 2. Äußere Kühllast

## a) Wandwärme und Dachwärme

[0042] Dieser Wärmeaustausch durch die Gebäudehülle mit der Umgebung berechnet sich zu:

$$Q_W = k \times A \times \delta T_H,$$

wobei  $k$  der Wärmetransmissionskoeffizient der Außenwand bzw., wenn es sich um das oberste Stockwerk handelt, auch des Daches,  $A$  die Wand bzw. Dachfläche und  $\delta T_H$  die Temperaturdifferenz zwischen Innenraum und Außenluft ist. In dem angegebenen Beispiel beträgt die Temperaturdifferenz + 4 K, die Wandfläche sei 140 m<sup>2</sup>, die Dachfläche 0 und der  $k$ -Wert der Wand 0,5, so ergibt sich eine Wandwärme  $Q_W = 280$  W.

## (b) Fensterwärme-Transmission

[0043] Die Transmissions-Fensterwärme  $Q_T$  berechnet sich nach der folgenden Formel:

$$Q_T = k_F \times A_F \times T_F$$

d. h. der  $k$ -Wert des Fensters  $k_F$   $\times$  Fensterfläche  $A_F$   $\times$  Temperaturdifferenz am Fenster  $T_F$ . Bei einer Fensterfläche von 20 m<sup>2</sup>, einer Temperaturdifferenz von 10 K und einem  $k$ -Wert von 1,7 ergibt sich  $Q_T = 340$  W.

## c) Fensterwärme – Strahlung

[0044] Die durch Sonneneinstrahlung durch das Fenster bewirkte Aufheizung des Raumes hängt natürlich vom Sonnenstand und der Tageszeit ab. Ein weiterer wesentlicher Einflußfaktor ist eine mögliche Beschichtung des Fensterglases, die bestimmte Frequenzen (Infrarot) des Sonnenlichts reflektiert. In dem hier gezeigten Beispiel werde als grober Schätzwert eine Sonneneinstrahlung von 100 W je m<sup>2</sup> Fensterfläche angenommen, so dass sich bei einer Fensterfläche von 10 m<sup>2</sup> eine Strahlungs-Fensterwärme von 1000 W ergibt.

[0045] Die gesamte Kühllast beträgt somit 2360 W. Dabei ist jedoch noch zu berücksichtigen, dass bei starker Sonneneinstrahlung die Beleuchtungswärme geringer anzusetzen ist. Diese Kühllast muß durch aktive Klimatisierungsanlagen aufgebracht werden. Entsprechend werden die Energiebilanzen für die anderen Räume des Gebäudes erstellt, worauf hin die aktiven Klimatisierungsanlagen (Lufterhitzer, Luftkühler, Ventilatoren) bestimmt werden können. Mit Hilfe der Erfindung ist es für einen Projektentwickler daher möglich, die Einflüsse einzelner baulicher Veränderungen, beispielsweise einer anderen Fassadenfläche, Wärmeschutzverglasung oder auch einer anderen Nutzung der Gebäude (wärmeempfindliche Nutzungen in nach Norden ausgerichteten Gebäudeteilen) auf das Gesamtsystem zu ermitteln und so die Wirtschaftlichkeit baulicher Änderungen abzuschätzen.

[0046] Neben der Berechnung der Energiebilanz ist zur Optimierung der Gebäudeplanung eine Kostenermittlung unter Berücksichtigung von Kapitalkosten und zukünftigen Betriebskostensteigerungen erforderlich. Ein vereinfachtes qualitatives Beispiel zur Berechnung der Gesamtkosten eines Gebäudes unter Berücksichtigung der Kapitalkosten (Zinsen) ist im folgenden unter Bezugnahme auf Fig. 6 angegeben. In Fig. 6 stellt die gestrichelte Linie die Investitionskosten (Baukosten), die punktierte Linie die Baunutzungskosten (Betriebskosten) und die durchgezogene Linie die Gesamtkosten als Summe beider Kosten im zeitlichen Verlauf dar. Dabei ist ein bestimmter Zinssatz – beispielsweise 6% – für das gebundene bzw. eingesetzte Kapital mit berücksichtigt. Fig. 6a zeigt eine Beispielssituation eines Gebäudes mit 4 Mio Euro Baukosten und vergleichsweise hohen Baunutzungskosten. Nach acht Jahren übersteigt der Barwert der kumulierten Baunutzungskosten die Investitionskosten. Nach 10 Jahren Gebäudenutzung werden Gesamtkosten von über 14 Mio Euro erreicht.

[0047] Fig. 6b zeigt eine Beispielssituation, bei der eine energie- und nutzungskosten sparende Investition in Höhe von ungefähr Euro 500.000 berücksichtigt ist. Die Geerreicht werden. Gegenüber dem Beispiel von Fig. 6a ergibt sich somit eine Einsparung von über 2 Mio Euro. Durch die vorliegende Erfindung wird es möglich, solche langfristigen Kosteneinsparungen schon in der Planungsphase zu erkennen, um sie dann im tatsächlichen Gebäude umzusetzen.

[0048] Eine wesentliche Steuerungsgröße für eine energie- oder nutzungskosten sparende Investition ist dabei der Amortisationszeitpunkt  $T_A$ , d. h. der Zeitpunkt, ab dem das für die Investition eingesetzte Kapital beginnt wieder zurückzufließen. Der Amortisationszeitpunkt berechnet sich wie folgt:

$$T_A = \frac{\ln \left[ \frac{A_0 \cdot (q - r)}{E - A_0 r - A_1 - A_2 - A_3 - A_4} \right]}{\ln(r/q)}$$

wobei

$A_0$  Auszahlungen zum Zeitpunkt  $t_0$  (Investitionen)

E Einsparungen

$Av_1, Ae_1, Ak_1, As_1$  laufende Auszahlungen (Baunutzungskosten),

r der Preissteigerungsfaktor, und

5 q der Zinsfaktor  
sind.

[0049] Die hier beschriebene Erfindung ist nicht auf bestimmte Verfahren der Energie- oder Kostenberechnung beschränkt. Der Hauptnutzen der Erfindung liegt der Bestimmung der raumklimatischen, energetischen und finanziellen Auswirkungen einzelner baulicher Maßnahmen auf das Gesamtsystem des Gebäudes, wobei im Gegensatz zu bisher üblichen Verfahren objektbezogene und objektspezifische Daten und Parameter berücksichtigt werden können.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Optimierung eines Gebäudes unter Berücksichtigung des Energiebedarfs, aufweisend die auf einem Computer ausführbaren Verfahrensschritte:
  - (a) Erstellung eines Computermodells des Gebäudes und Abspeicherung als Gebäudedatei in einer Datenbank,
  - (b) Abspeicherung eines Datensatzes (14) thermodynamischer und/oder bauphysikalischer Parameter des Gebäudes in der Gebäudedatei,
  - (c) Abspeicherung eines Datensatzes (13) physikalischer Parameter, die Anforderungen von Gebäudenutzern an das Gebäude repräsentieren, in der Gebäudedatei,
  - (d) Aufteilung des Gebäudemodells in funktionale Gebäudeelemente,
  - (e) Bestimmung einer Energiebilanz und/oder von Baunutzungskosten der funktionalen Gebäudeelemente unter der Verwendung von in den Verfahrensschritten (b) und (c) ermittelten Parametern,
  - (f) Bestimmung der Energiebilanz und Baunutzungskosten des Gebäudes für wählbare Zeiträume aus den im Verfahrensschritt (e) ermittelten Einzelwerten.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in aufeinanderfolgenden Optimierungsschritten verfeinerte funktionale Gebäudeelemente verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die thermodynamischen und/oder bauphysikalischen Parameter Klimadaten wie den geographischen Ort des Gebäudes, seine Ausrichtung, die Windrichtung und mittlere Sonneneinstrahlung umfassen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die physikalischen Parameter, die die Nutzer-Anforderungen repräsentieren, die Raumlufttemperatur, Raumluftfeuchte und Raumluftgeschwindigkeit umfassen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die funktionalen Gebäudeelemente Fassaden, Wärmepuffer, aktive und passive Heiz-, Kühl-, Befeuchtungs- und Entfeuchtungseinrichtungen umfassen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–5, zusätzlich umfassend die Bestimmung der Baukosten (Investitionskosten) des Gebäudes.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei zur Optimierung des Gebäudes mehrere Varianten des Gebäudemodells gebildet und deren Gesamtkosten miteinander verglichen werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei ein Amortisationszeitraum von Investitionen in Energie minimierende Gebäudevarianten ermittelt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei Preissteigerungen und Kapitalkosten mit berücksichtigt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7–9, wobei zur Bestimmung der Baukosten Bauleistungscodes nach DIN 276 verwendet werden, die als dreistellige Ziffer codiert werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, wobei die akkumulierten Betriebskosten in jährlichen Zeitintervallen berechnet werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–11, wobei zur Baunutzungskostenberechnung und/oder Investitionskostenberechnung finanzmathematische Methoden verwendet werden.
13. Vorrichtung zur Optimierung eines Gebäudes unter Berücksichtigung des Energiebedarfs aufweisend:
  - eine Eingabeeinrichtung (52) zur Eingabe eines Datensatzes (14) externer physikalischer Parameter des Gebäudes sowie eines Datensatzes (13) physikalischer Parameter, die Anforderungen von Gebäudenutzern repräsentieren,
  - eine Verarbeitungseinrichtung zur interaktiven Erstellung eines Gebäudemodells (10) unter Berücksichtigung der Anforderungen der Gebäudenutzer,
  - eine Prozessoreinrichtung (50) zur Aufteilung des Gebäudemodells (10) in funktionale Gebäudeelemente zur Ermittlung von Energiebilanzen und/oder Baunutzungskosten der funktionalen Gebäudeelemente und zur Bestimmung der Gesamt-Energiebilanz und/oder der Gesamt-Baunutzungskosten des Gebäudes aus den Einzelwerten der funktionalen Gebäudeelemente,
  - eine Speichereinrichtung (51) zur Speicherung einer Gebäudedatei (100), die die externen Parameter, Nutzer-Anforderungen, Gebäudemodell-Daten und Gebäudeelement-Daten enthält.
14. Computerprogramm aufweisend Programmcode zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 auf einem Computer.
15. Computerlesbare Datenstruktur zur Optimierung eines Gebäudes, aufweisend:
  - a) ein Computermodell des zu optimierenden Gebäudes,
  - b) eine Zerlegung des Computermodells in funktionale Gebäudeelemente,
  - c) einen Datensatz thermodynamischer und bauphysikalischer Parameter des Gebäudes,
  - d) einen Datensatz-Nutzer-Anforderungen an das Gebäude,
  - e) den funktionalen Gebäudeelementen zugeordnete Energiebilanzdaten und/oder Baunutzungskostendaten, und



# DE 100 19 791 A 1

f) dem Gebäudemodell zugeordnete Energiebilanz- und/oder Baunutzungskostendaten, die aus den Daten e) ermittelt worden sind.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

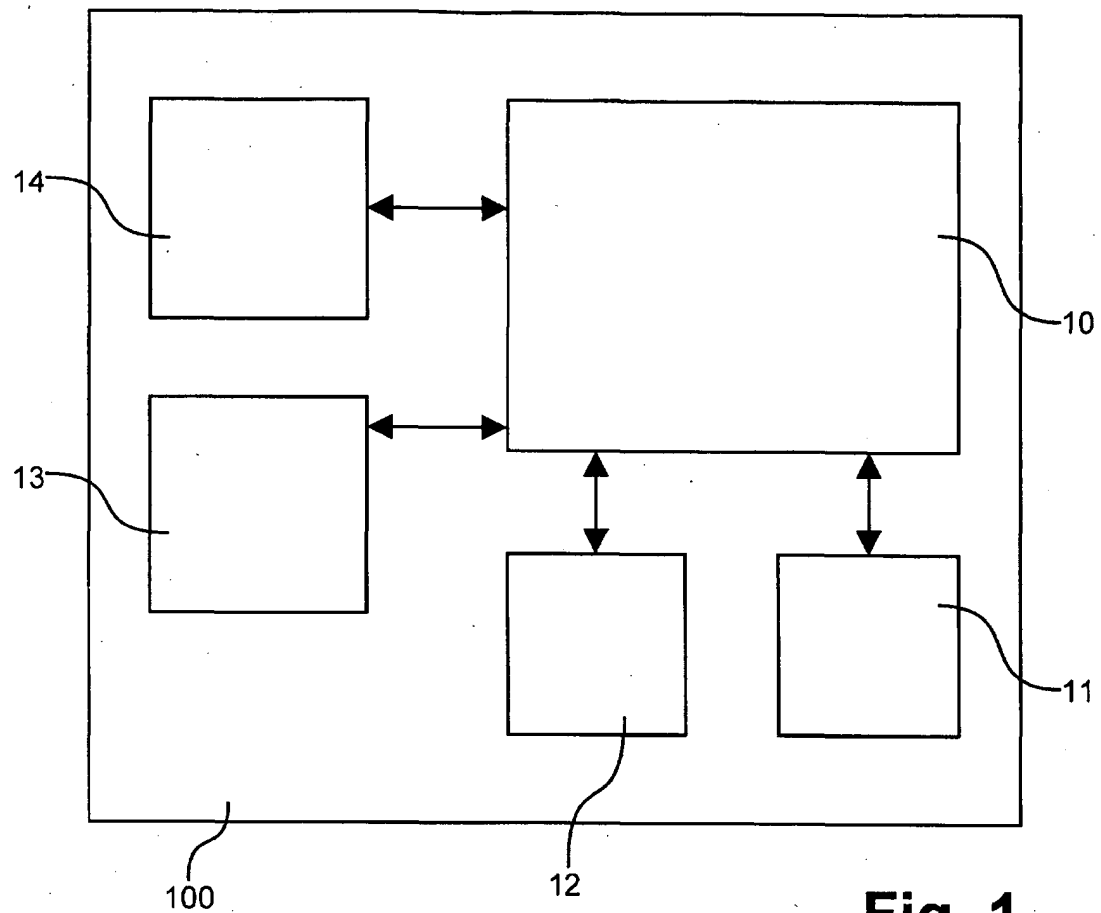
45

50

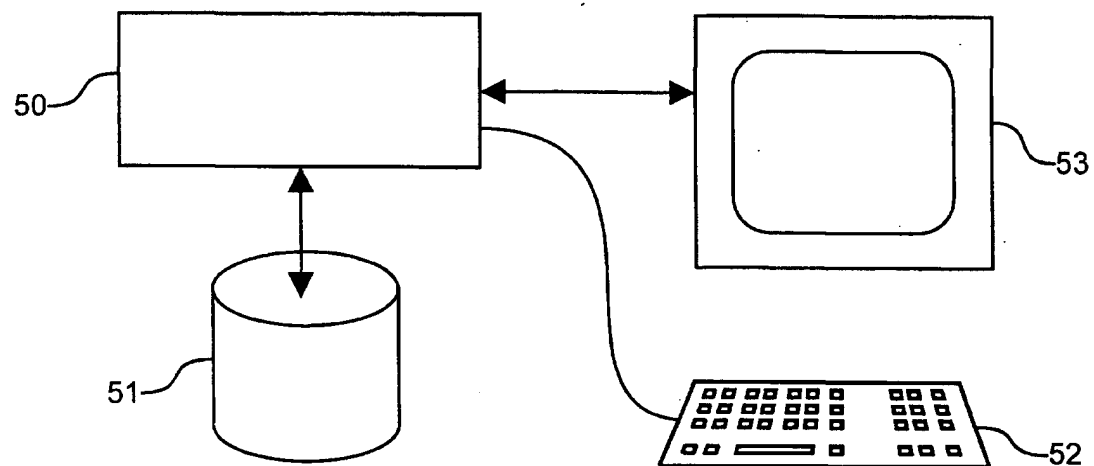
55

60

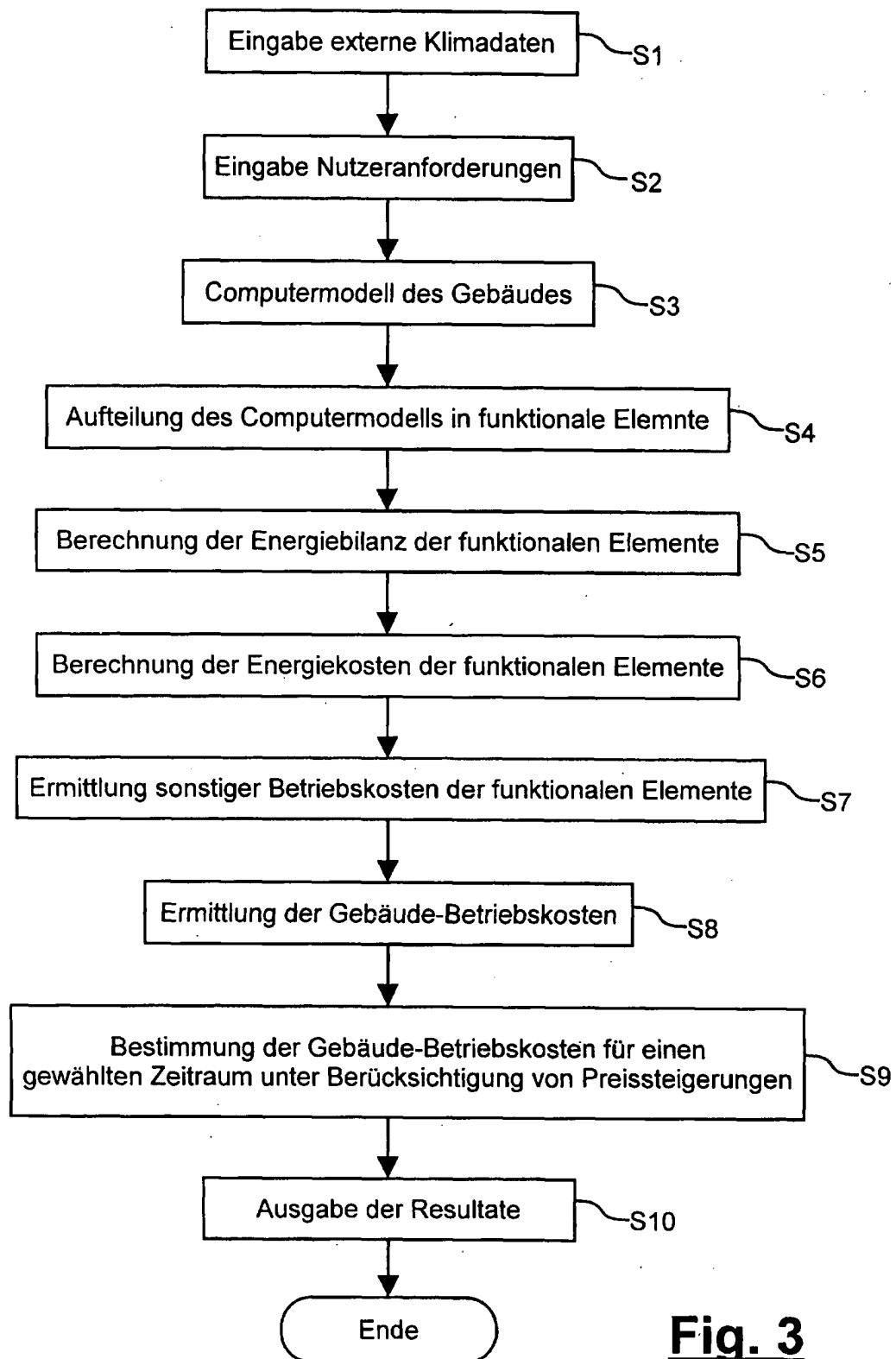
65

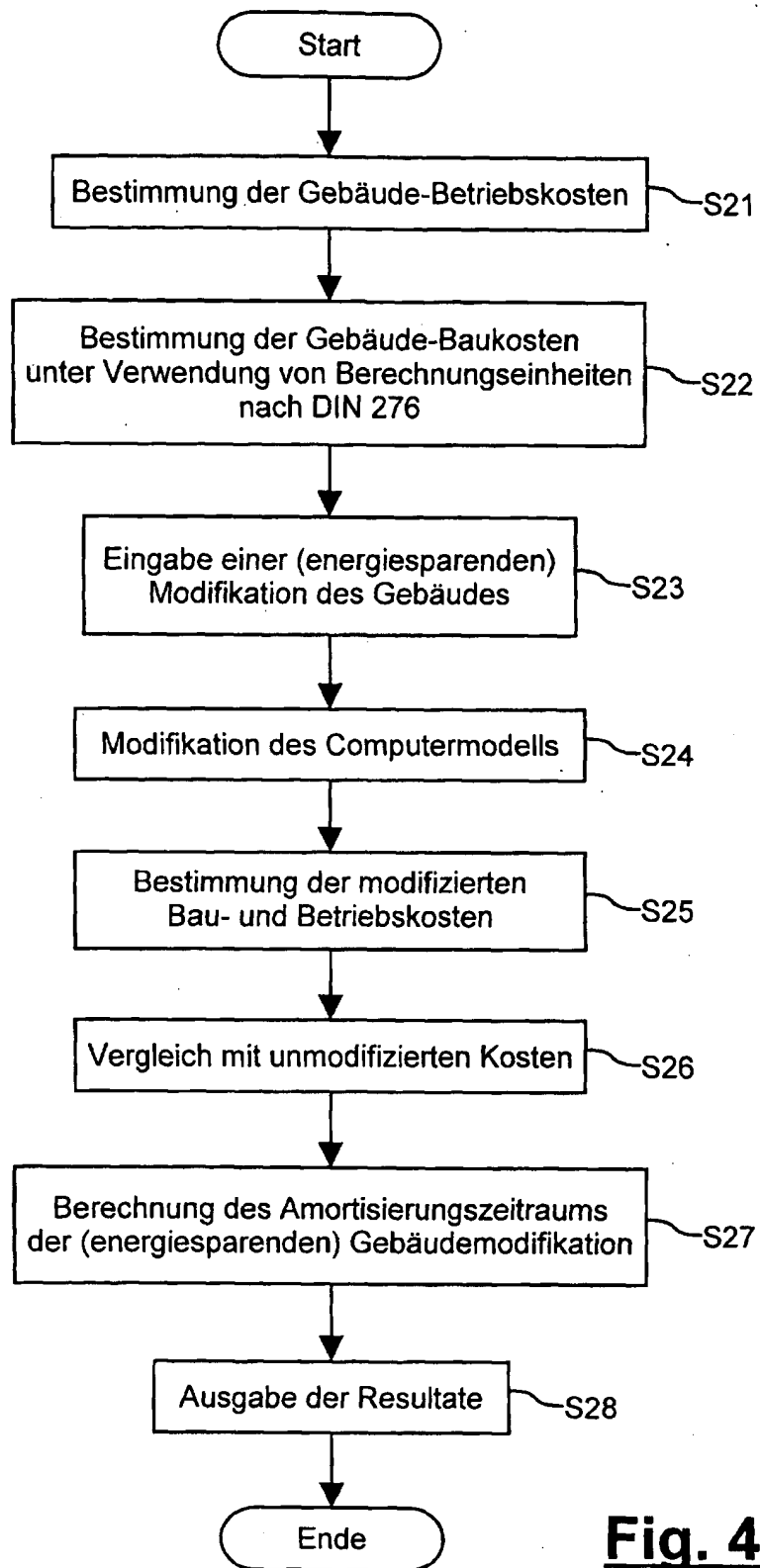


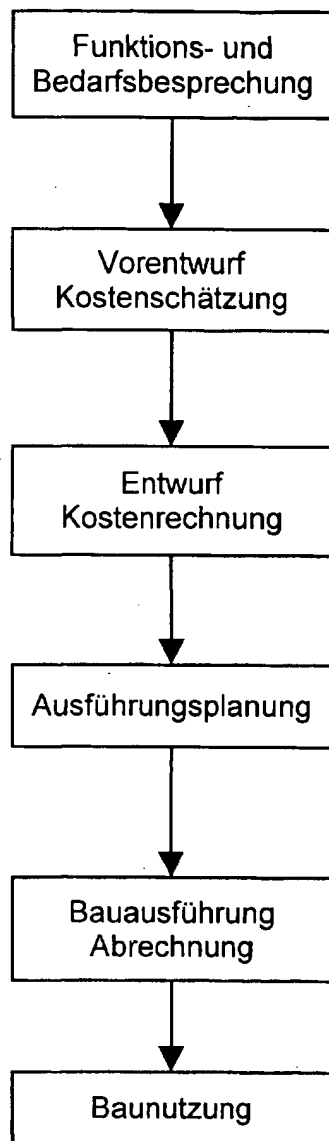
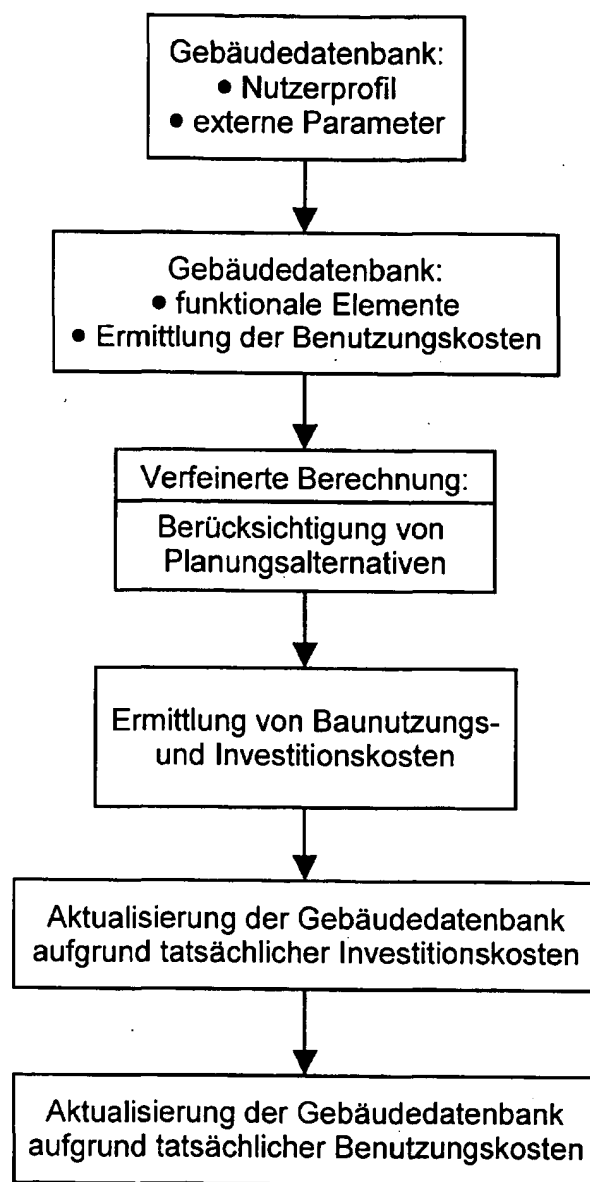
**Fig. 1**

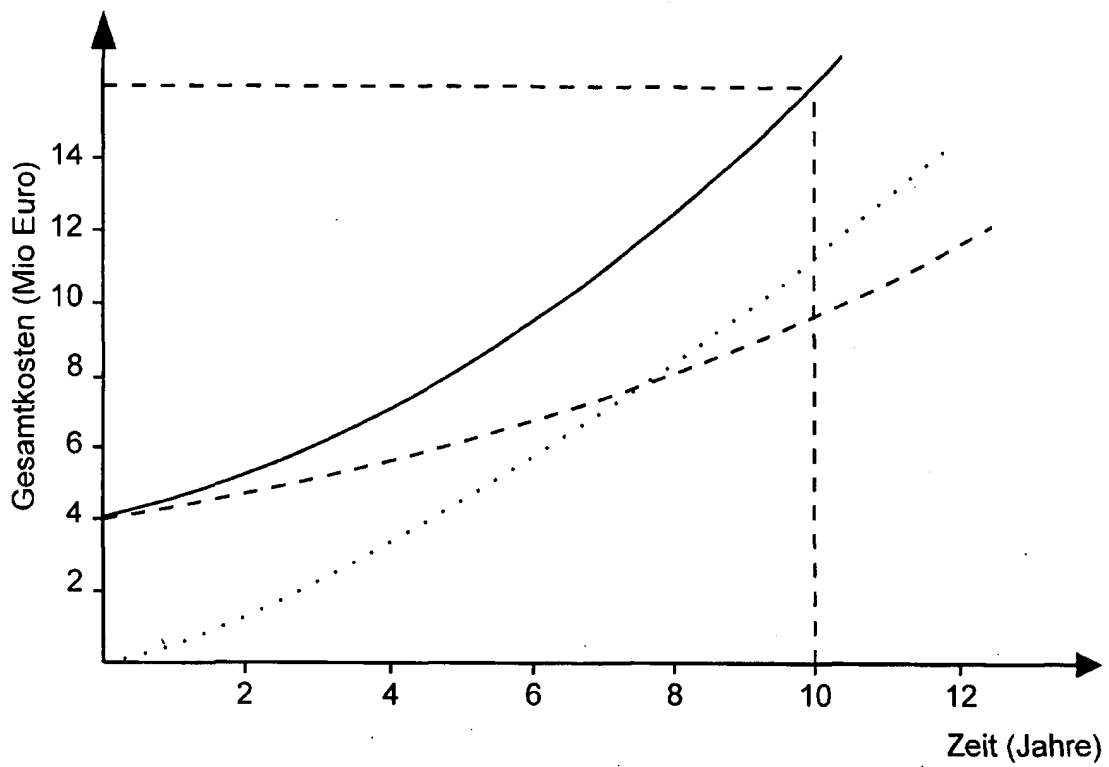


**Fig. 2**

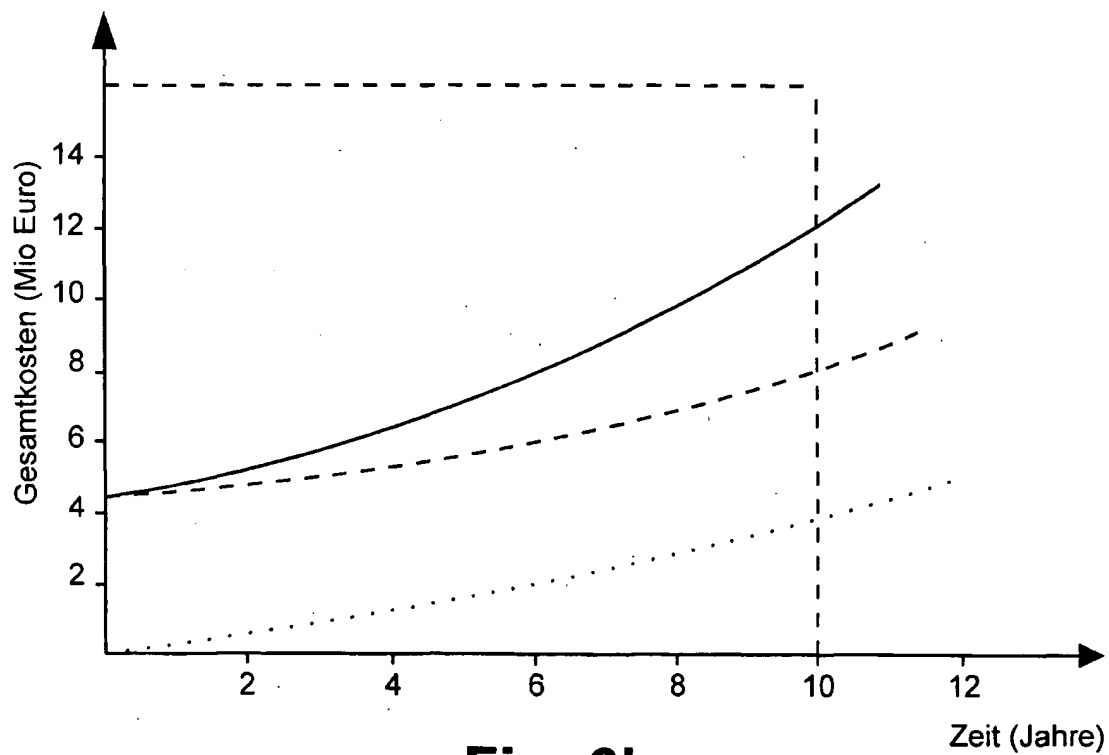
**Fig. 3**

**Fig. 4**

**Fig. 5a****Fig. 5b**



**Fig. 6a**



**Fig. 6b**